Fra spazio fisico e digitale: ricostruzione e comunicazione del complesso del Castello di Mirafiori

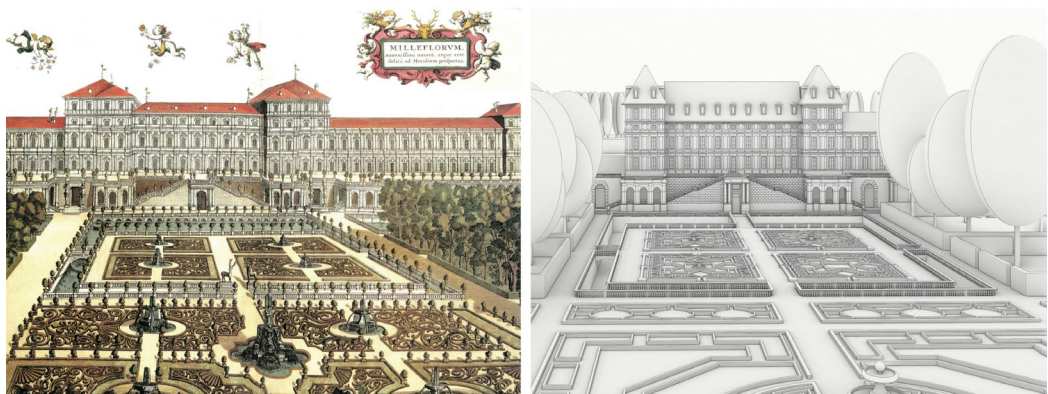
Roberta Spallone
Marco Vitali
Valerio Palma
Laura Ribotta

Abstract

La presente ricerca nasce nell'ambito della collaborazione tra il Dipartimento di Architettura e Design del Politecnico di Torino e il Dipartimento Progetti Programmazione Comunitaria e Nazionale, Area Innovazione, Fondi europei del comune di Torino, con il coinvolgimento di diversi soggetti territoriali e sviluppa il progetto di simulazione in realtà aumentata del Castello di Mirafiori e accompagnamento culturale per i cittadini. Il lavoro contempla la ricostruzione virtuale, sostenuta dalla ricerca bibliografica e archivistica, del complesso, oggi scomparso, del Castello di Mirafiori con i suoi giardini, e la comunicazione della ricerca mediante un pannello, installato in prossimità delle vestigia, dotato di *marker* per l'attivazione di un'esperienza *webAR*. Il dispositivo informativo, attraverso l'integrazione di una componente digitale e interattiva, assume il valore di strumento di condivisione e inclusione, realizzando un *continuum* fra spazio fisico e digitale.

Parole chiave
Analisi documentaria, modellazione ricostruttiva, realtà aumentata, comunicazione partecipata, Castello di Mirafiori

Confronto fra la veduta del Castello di Mirafiori nel *Theatrum Sabaudiae*, facciata meridionale, (Bleau 1682, I, 35) e il modello digitale ricostruttivo del complesso costruito (elaborazione grafica di R. Spallone, M. Vitali).

doi.org/10.3280/oa-1016-c394

Un progetto partecipato per la condivisione del patrimonio scomparso

La presente ricerca nasce nell'ambito del progetto *productive Green Infrastructure for post-industrial urban regeneration* (proGIreg) finanziato dal programma europeo Horizon 2020 e riguarda la collaborazione istituzionale e scientifica tra il Dipartimento di Architettura e Design del Politecnico di Torino e il Dipartimento Progetti Programmazione Comunitaria e Nazionale, Area Innovazione, Fondi europei del comune di Torino, finalizzata alla simulazione in realtà aumentata (AR) del Castello di Mirafiori e all'accompagnamento culturale per i cittadini. Il progetto, compiuto fra il 2021 e il 2022, ha coinvolto differenti soggetti territoriali: il comitato di quartiere Mirafiori Borgata, la fondazione della comunità di Mirafiori Onlus, l'impresa sociale Orti Generali e l'istituto scolastico secondario Primo Levi. All'interno della concertazione fra i diversi soggetti, è emerso l'interesse per la ricostruzione virtuale di un complesso architettonico e ambientale oggi scomparso, il Castello di Mirafiori con i suoi giardini, da inserire nel percorso turistico che unisce i valori paesaggistici, centrali nel progetto complessivo, a quelli storico architettonici. Fino ad allora, l'immagine del complesso era demandata a due vedute celebrative contenute nel *Theatrum Sabaudiae* [Blaeu 1682] che, come dimostrano gli esiti di questa ricerca, mostrano il raddoppiamento della manica del castello e un'ampia esedra di ingresso, mai realizzate (fig.1). L'intervento si è concentrato su due aspetti: la localizzazione nel territorio del complesso, di cui rimangono poche vestigia, e la ricostruzione, attraverso la documentazione bibliografica e archivistica. La fruizione del modello virtuale è stata pensata attraverso un pannello, collocato in prossimità dei resti, attraverso il quale può essere attivata un'esperienza di AR, sovrapposta alla mappa del sito. Il pannello, oltre alla spiegazione del progetto e del funzionamento dell'esperienza, riporta la sintesi delle trasformazioni del complesso e alcuni episodi della vita di corte, segnalati dalla cittadinanza e debitamente documentati. Con le finalità di contenimento dei costi,

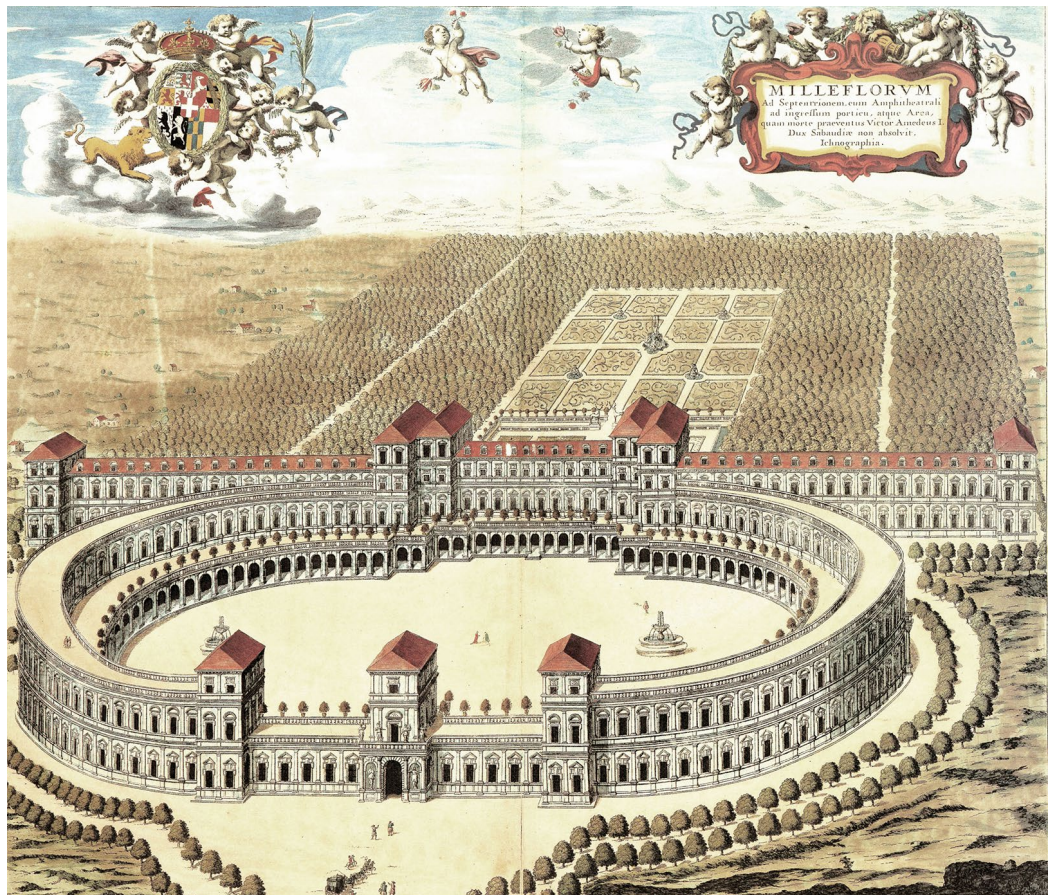



Fig. 1. Veduta del Castello di Mirafiori nel *Theatrum Sabaudiae*, ingresso dalla città con la facciata settentrionale (Bleau 1682, I, 34).

durabilità del prodotto e fruizione attraverso smartphone, è stata realizzata una *webAR*. Le vicende costruttive e le trasformazioni del complesso sono documentate nei saggi di Vittorio Defabiani [1984, 1990] e Chiara Devoti [2014]; il ridotto apparato iconografico consiste in disegni tecnici a scala architettonica e territoriale, vedute e dipinti. L'intreccio fra riferimenti bibliografici e iconografici ha consentito di selezionare i materiali idonei alla localizzazione e ricostruzione dell'involucro del castello e dei giardini nel periodo di maggior splendore, fra tardo Cinquecento e metà Seicento, in cui due coppie ducali, Carlo Emanuele I con l'Infanta Caterina e Vittorio Amedeo I con Cristina di Francia, si succedono nell'utilizzo della residenza come luogo di *loisir* e di caccia.
Ai fini della localizzazione, è stata praticata la sovrapposizione di mappe territoriali e catasti storici, prima fra tutti la cosiddetta Carta della Caccia (ante 1762) con la cartografia odierna, mentre la ricostruzione del complesso, condotta nella cornice dei principi di trasparenza espressi nella Carta di Londra (2009), si è avvalsa principalmente della pianta del progetto di ampliamento di Carlo di Castellamonte (1619-1620) (fig. 2), della quale è stata verificata la coerenza, relativa alle parti effettivamente costruite, con la veduta di Giovanni Tommaso Borgonio (1655) (fig. 3) e con la sezione longitudinale del rilievo, realizzato nel 1741, in occasione della trasformazione dell'edificio in Manifattura dei tabacchi.

Localizzazione e modellazione ricostruttiva

La localizzazione del complesso si è basata sul confronto della cartografia attuale, estratta dal geoportale della regione Piemonte, con la Carta della Caccia, che descrive le consistenze del castello in relazione alla distribuzione sul territorio degli assi rettori extraurbani. La sovrapposizione delle due mappe ha permesso di riconoscere la permanenza di alcuni assi, di leggere il diverso sviluppo dell'alveo del torrente Sangone (ai tempi della costruzione del castello deviato al fine di lasciare spazio all'importante sistema di giardini), di determinare la posizione dell'edificio in relazione a questi riferimenti (fig. 4).
Il rilievo a vista ha permesso di riconoscere una serie di fabbricati rurali come edifici accessori del castello, già disegnati nella Carta della Caccia all'interno delle mura di cinta della corte d'onore, rilevati e descritti nelle loro consistenze dal Catasto particellare Gatti del 1820 e dal Catasto Rabbini, nel 1866. Le attuali pertinenze di questi fabbricati sembrano ricalcare con precisione l'andamento del recinto del castello verso la città come potrebbero dimostrare un'apertura, oggi tamponata, su uno dei muri laterali della corte, visibile nel progetto di Castellamonte e segni di ricucitura del lato nord in corrispondenza della porta monumentale verso la città.
Il confronto dimensionale tra il disegno castellamontiano e la cartografia attuale ha ulteriormente avvalorato questa ipotesi e ha permesso di procedere alla ricostruzione digitale del complesso collocandolo con precisione sul territorio (fig. 5).
Una seconda fase del lavoro si è concentrata sul rilevamento fotogrammetrico con tecnica SfM delle vestigia del castello, costituite da una coppia di muri in mattoni dall'andamento irregolare che contiene su due livelli il terreno in pendenza verso le sponde del Sangone, oggi tornato a scorrere in una posizione simile a quella precedente alla sua deviazione (fig. 6).
La sovrapposizione del disegno di Castellamonte con la nuvola di punti permette di individuare la loro posizione nel complesso costruito. Le ipotesi già avanzate [Defabiani 1990, pp.156, 164] trovano conferma in questa operazione che evidenzia come tali resti costituiscano una piccola porzione del criptoportico di discesa ai giardini e buona parte delle fondazioni delle costruzioni di servizio, costituite da un avancorpo della manica laterale del castello, dotato di una piccola corte e di un pozzo/abbeveratoio.
Il rapporto scala/contenuto del modello ricostruttivo (assimilabile a 1:200) è stato ragionato in relazione alle finalità del lavoro e al livello di dettaglio delle fonti grafiche, al fine di garantire la massima omogeneità e congruenza: le parti debitamente documentate sono state modellate al fine di restituire gli elementi che costituiscono il linguaggio decorativo delle facciate (fasce marcapiano, ordini sovrapposti, cornici e timpani), dello scalone con fronte bugnato e alto zoccolo che definisce il piano di imposta dei criptoportici, delle nicchie laterali in asse ai percorsi esterni alla peschiera.

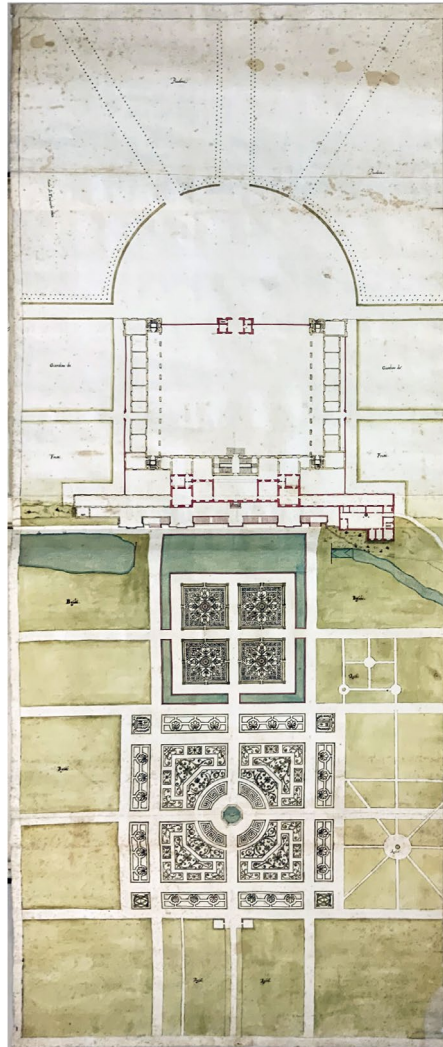



Fig. 2. Carlo di Castellamonte, progetto di ampliamento per il matrimonio di Vittorio Amedeo e Maria Cristina di Francia, 1619-1620 (BNT, Fondo Valperga, q I 64, n. 19, Ministero della Cultura, Biblioteca Nazionale Universitaria di Torino. Divieto di riproduzione).

Fig. 3. Giovanni Tommaso Borgonio, Castello di Mirafiori, da *I Baccanali antichi* e *moderni* […] (1655), vista dal giardino del castello con due padiglioni e tetto alla francese, prima della sopraelevazione settecentesca (BRT, St. P. 953, c. 49, su concessione del MiC - Musei Reali).

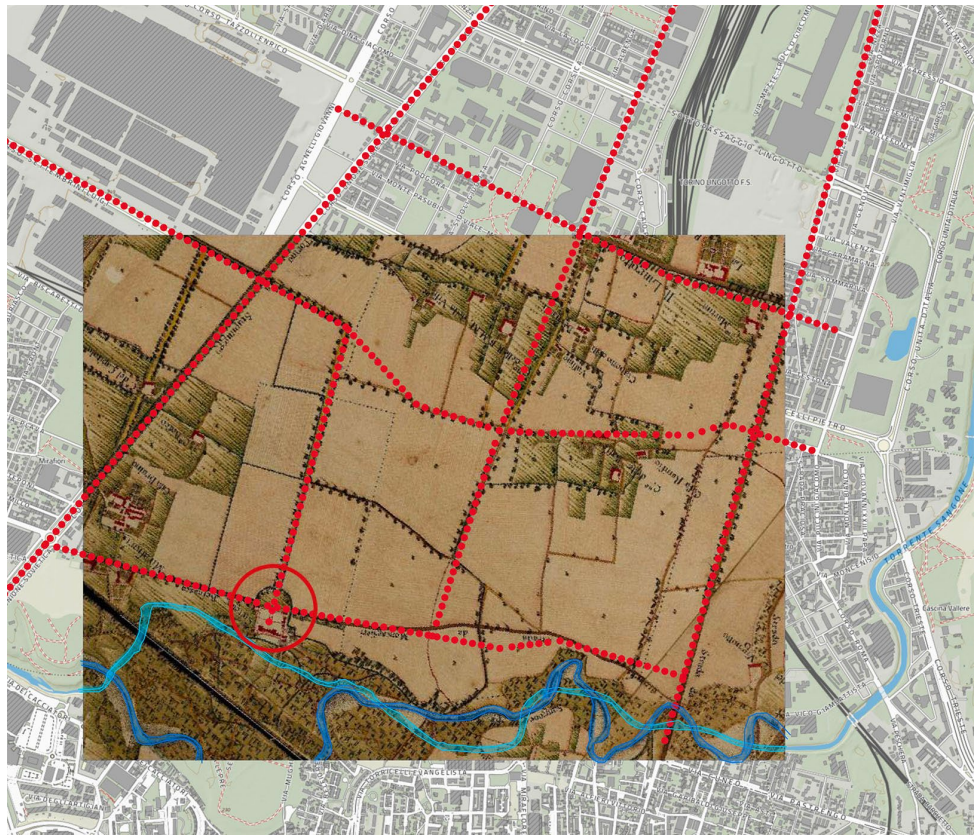



Fig. 4. Sovrapposizione della cartografia attuale (https://www.geoportale.piemonte.it/ visregpigo/) con la Carta della Caccia, ante 1762 (AST, Carte Topografiche Segre-te, 13 A VI rosso): in rosso gli assi rettori extraurbani e in blu/azzurro il corso del torrente Sangone, in blu quello settecentesco, in azzurro quello attuale (elaborazione grafica di M. Vitali).

Fig. 5. Sovrapposizione dell'ortofoto con il disegno della sagoma del complesso: in rosso le parti realizzate, in bianco le parti in progetto secondo il disegno di Castellamonte; in tratteggio rosso le consistenze rilevate fotogrammetricamente. Le fotografie a sinistra mostrano in alto i segni della porta monumentale, in basso quelli dell'apertura ovest (elaborazione grafica di M. Vitali).

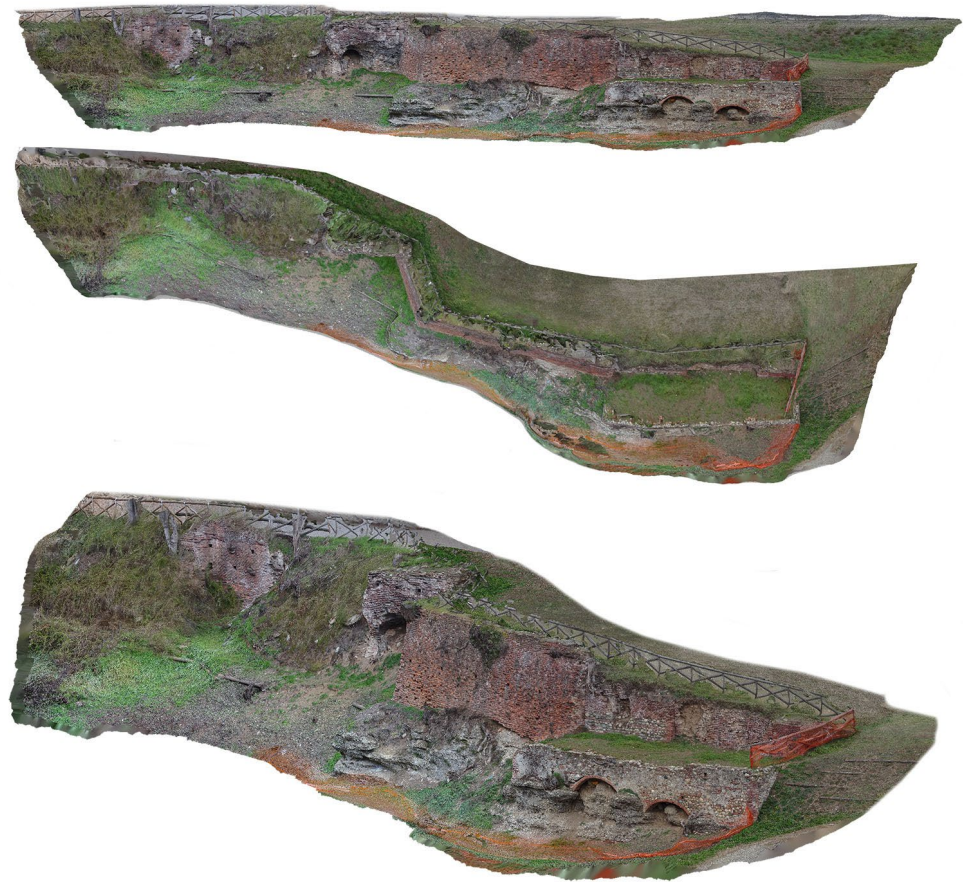



Fig. 6. Rilievo fotogrammetrico delle vestigia del castello. Dall'alto: prospetto, pianta e vista assonometrica (elaborazione grafica di F. Natta).

I disegni disponibili non documentano univocamente o completamente alcuni elementi: la copertura del corpo principale lascia margini di incertezza tra la soluzione a padiglione e quella a due falde, scelta per l'analogia con lo Château d'Ancy-le-Franc di Serlio, una delle fonti a cui sembra ispirarsi il castello, mentre la corte d'onore con la porta monumentale e gli edifici di servizio sono stati rappresentati con semplici volumi, coerenti con le altre consistenze.
La visualizzazione del modello utilizza uno stile concettuale, che valorizza le caratteristiche geometriche e plastiche del complesso, circondato dalla presenza rilevante della vegetazione, modellata per volumi semplificati, che costituisce una quinta compatta che inquadra la facciata verso i giardini del corpo di fabbrica principale (figg. 7-9).

Visualizzazione e comunicazione mediante WebAR

Gli studiosi hanno osservato le potenzialità della AR rispetto alla visualizzazione di dati in relazione spaziale con l'ambiente che circonda l'utente [Milgram, Kishino 1994], favorite dallo sviluppo delle tecnologie di computer grafica e dall'evoluzione dei dispositivi mobili più diffusi [Campi et al. 2021] e alla valorizzazione del patrimonio culturale attraverso la disseminazione degli esiti della ricerca scientifica [Serravalle et al. 2019].
La visualizzazione e la comunicazione in AR della ricostruzione sono state orientate a un'ampia accessibilità, alla sinergia di diverse iniziative di valorizzazione del territorio e alla compatibilità con un budget contenuto. La *web app* è infatti di facile uso, impiega infrastrutture sia fisiche che digitali che la mettono in relazione con altri progetti culturali (come le visite al sito e il database di MuseoTorino) ed è basata su software *free and open source* (FOSS). In particolare, è stato adottato il software AR.js [Shepiliev et al. 2021, AR.js 2020], una libreria *open source* in linguaggio JavaScript per lo sviluppo di applicazioni di AR integra-

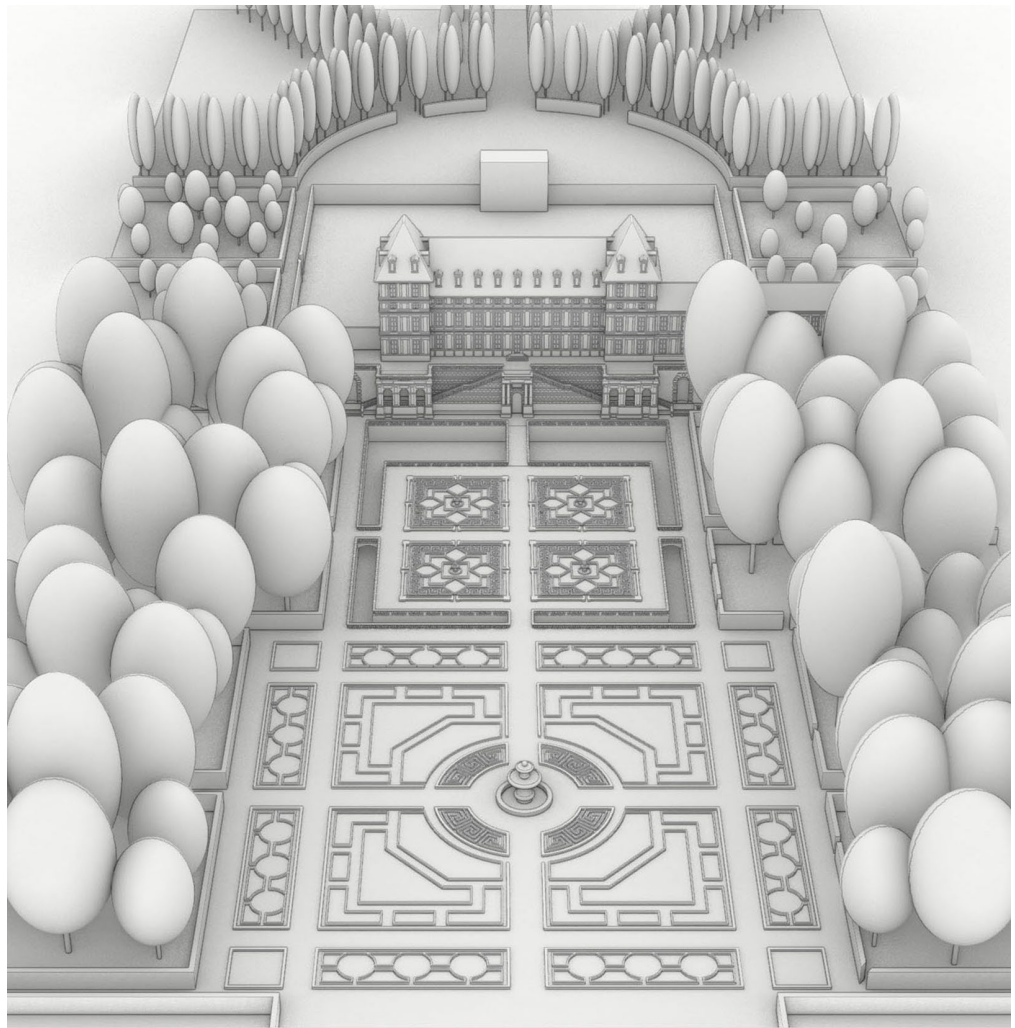



Fig. 7. Vista prospettica dai giardini del modello ricostruttivo (elaborazione grafica di R. Spallone, M. Vitali).

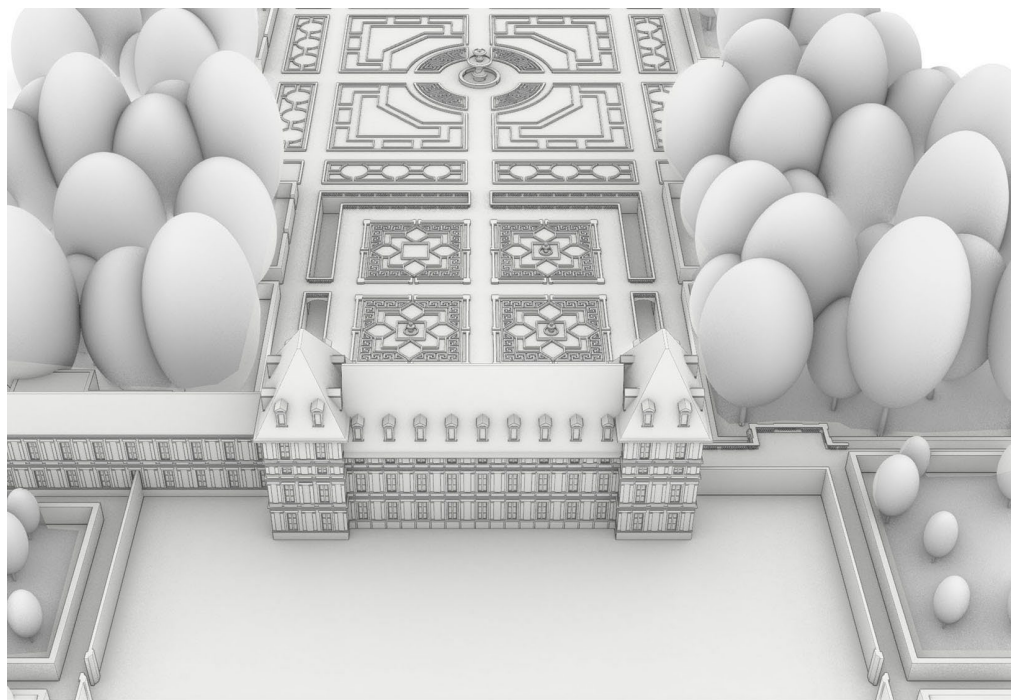



Fig. 8. Vista prospettica a volo d'uccello dalla corte d'onore del modello ricostruttivo (elaborazione grafica di R. Spallone, M. Vitali).

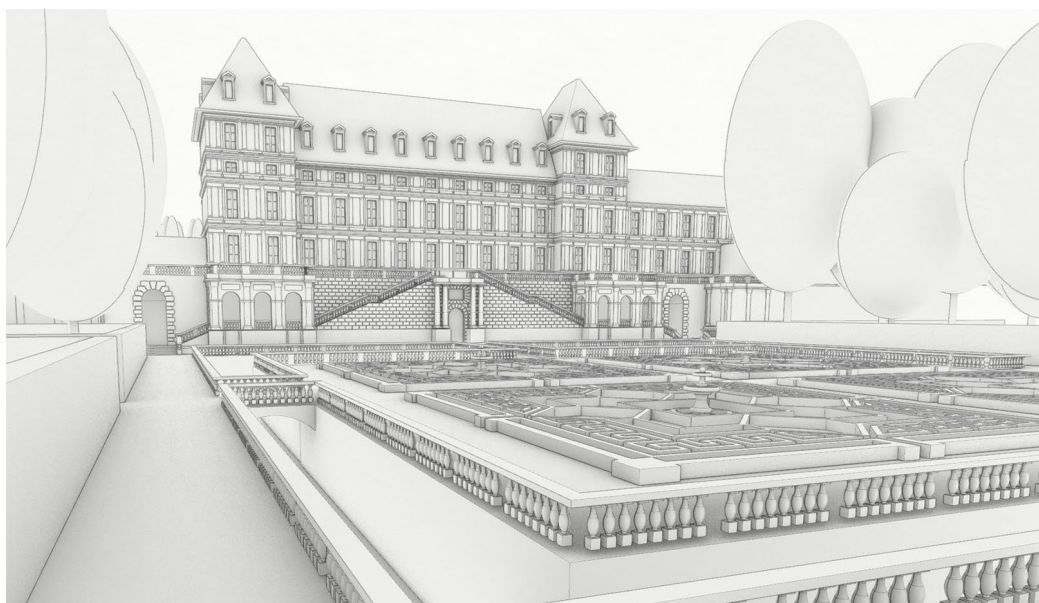



Fig. 9. Vista prospettica dai giardini dello scalone monumentale e della facciata sud del castello (elaborazione grafica di R. Spallone, M. Vitali).

te a una pagina web. Questo strumento richiede una produzione di codice contenuta e linguaggi di programmazione comunemente usati per il web come CSS e HTML e permette di eseguire rapidamente test e operazioni di distribuzione rispetto a una app mobile propriamente detta. Gli utenti possono facilmente accedere alla *web app* inquadrando un codice QR stampato sul pannello che rimanda all'URL del sito. Le diverse modalità di posizionamento della componente digitale disponibili in AR.js sono basate su immagini target, sulla geolocalizzazione del dispositivo o su *marker*, ovvero matrici grafiche dal dettaglio molto ridotto.
Nel progetto, è stata scelta quest'ultima categoria di strumenti, nello specifico un *pattern marker*, generato a partire da un'immagine custom, posizionato sulla mappa in corrispondenza del giardino del castello. Il riconoscimento del *marker* attiva la visualizzazione del modello tridimensionale, che, finché l'utente inquadra il *marker*, rimane coerente alla sagoma del castello sulla planimetria.
L'applicazione include anche alcune semplici funzioni interattive che permettono di osservare il modello nel dettaglio: attraverso appositi bottoni il modello può essere ingrandito (fig. 10) e ruotato verso la facciata posteriore.
Lo sviluppo della *web app* ha richiesto di contenere la dimensione dei file impiegati, al fine di ridurre i tempi di *download*. In particolare, il modello è stato convertito in formato OBJ e semplificato per ottenere un file di 26.4 MB dai circa 200 MB iniziali. La resa grafica del modello, originariamente monocromatico, è stata affidata a una serie di *texture baked*, che fissano sulla superficie gli effetti di luce di un render ottenuto nel software di modellazione (fig. 11). Anche le *texture* sono state ridotte e compresse, ottenendo un peso complessivo di 8 MB. Questo processo permette di ridurre lo sforzo computazionale della *web app* in esecuzione, migliorando la resa plastica del modello senza generare luci complesse in tempo reale.
Tra i limiti di AR.js sono da segnalare, rispetto ad alternative per lo sviluppo di una *mobile app*, una minore stabilità dell'ancoraggio dei livelli digitali alle immagini della telecamera e la mancanza di funzioni di *extended tracking*, ovvero la possibilità di mantenere coerenti i *layer* di AR tramite diversi sensori del dispositivo, anche quando il *marker* cessa di essere inquadrato [Nguyen et al. 2020]. Più in generale, sviluppare una app per il web può rappresentare un limite per lo sviluppo di una *user interface* complessa (molti ambienti di sviluppo per *web app* offrono strumenti per la modellazione e l'alterazione dei modelli tridimensionali durante l'esecuzione del programma) ma è risultato adeguato agli obiettivi del progetto.

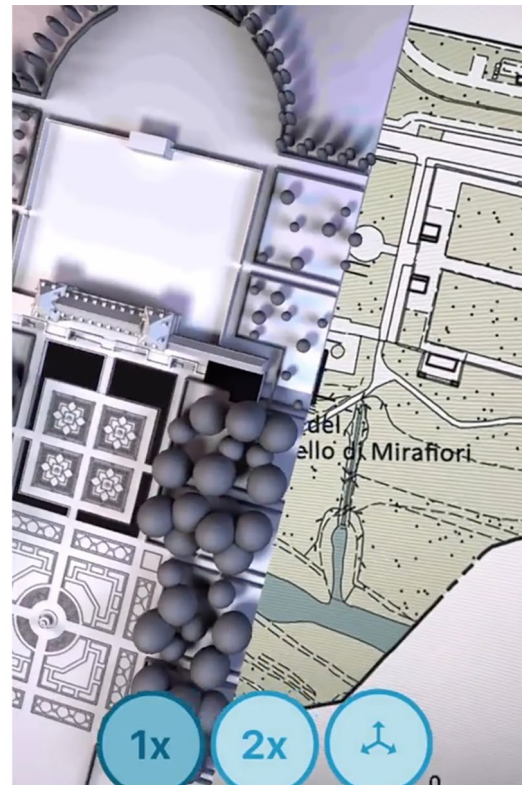
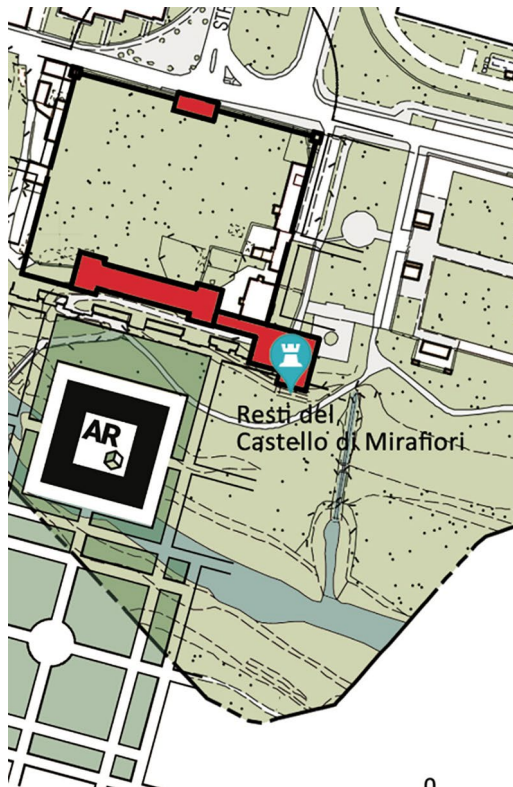



Fig. 10. Dettaglio della planimetria dell'area del Castello che include il marker per l'attivazione delle funzioni di AR (a sinistra) e dettaglio di una schermata dell'app in funzione (a destra) in cui sono visibili il modello digitale sovrapposto alla planimetria e i bottoni per modificarne la posizione e la scala (elaborazione grafica di V. Palma).

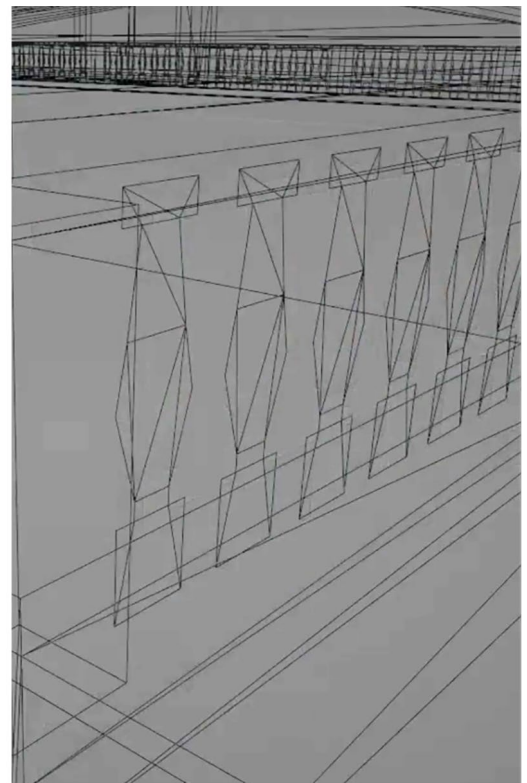
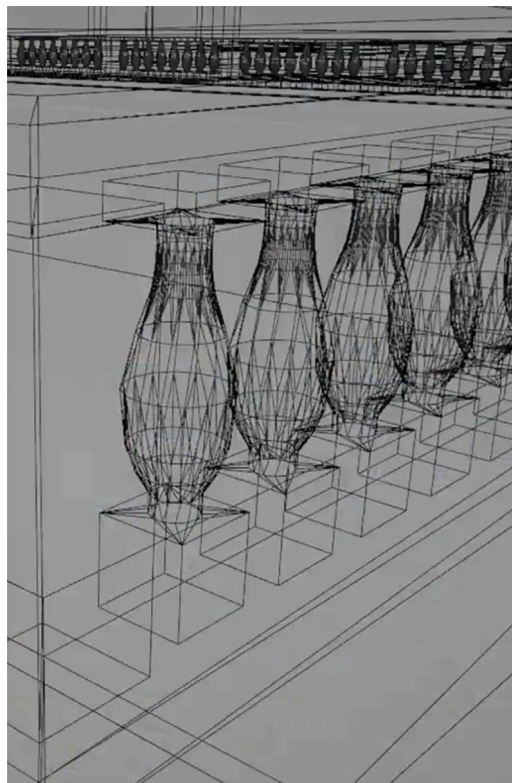



Fig. 11. Schermate dell'interfaccia del software di modellazione Blender che mostrano un dettaglio del modello prima e dopo le operazioni di riduzione del numero di mesh finalizzate all'ottimizzazione della web app di AR (elaborazione grafica di V. Palma).

Occasioni di condivisione e scalabilità del progetto

I soggetti coinvolti hanno contribuito a indirizzare i contenuti della comunicazione e a realizzare eventi di presentazione degli esiti della ricerca. Il Castello di Mirafiori, al di là del proprio

Fig. 12. Esperienza di AR in situ attivata dal marker (fotografia di M. Vitali).

intrinseco valore storico e architettonico, costituisce un elemento fortemente identitario per il quartiere che ne prende il nome. Prima del presente intervento, nell'ambito di proGIreg sono state sperimentate soluzioni basate sulla natura (NBS), fra le quali un sistema di siepi a richiamare i giardini del castello.

Il desiderio della comunità locale, molto attiva nella promozione e tutela del sito, di approfondire le vicende del complesso, ha dato luogo a incontri, culminati nel dicembre 2021 in una presentazione pubblica dell'analisi documentaria e bibliografica e dei primi passi della ricostruzione digitale, cui è seguita la raccolta di memorie del pubblico riguardanti il manufatto. Il lavoro ha contemplato anche la produzione di un video che descrive il processo di sviluppo e il funzionamento dell'applicazione AR (fig. 12). Il video, finalizzato alla proiezione durante la presentazione del progetto e gli eventi di promozione, è stato concepito come strumento di inclusione per trasmettere la proposta di integrare una componente digitale e interattiva nel più tradizionale dispositivo informativo. Fra gli eventi di comunicazione e disseminazione, in maggio 2022 docenti e allievi dell'istituto Primo Levi sono stati istruiti a guidare la cittadinanza nella visita virtuale del Castello di Mirafiori, nel corso dell'evento *A Scuola di Orto*; in giugno, durante la manifestazione di rilevanza nazionale *Open House*, è stata inserita una tappa per illustrare la ricostruzione del complesso visualizzata in AR. Durante l'*European Network of Living Labs* (ENoLL), (Torino, settembre 2022), è stata proposta una visita al quartiere Mirafiori, con la fruizione dell'esperienza, agli esperti europei convenuti. Da questi è pervenuto il suggerimento di inserire una visita di questo tipo, scalabile su altri manufatti di valore culturale, negli itinerari turistici ufficiali della città, visto l'alto contenuto ambientale, sociale e culturale.

Infine, la città ha presentato gli esiti del progetto alla conferenza *Major Cities of Europe* (Larissa, novembre 2022), come esempio di come natura e tecnologia possano integrarsi per rispondere alle esigenze dei cittadini, innescare la rigenerazione e il coinvolgimento urbano e generare nuove idee e possibilità per il territorio.

Conclusioni

Il lavoro svolto può presentare motivi di interesse scientifico relativi a:

- la ricostruzione filologica delle consistenze effettivamente costruite che attraverso la

visualizzazione tridimensionale fornisce nuovi elementi di dibattito fra gli studiosi e la trasmissione della memoria del patrimonio scomparso alla collettività.
- la realizzazione di un'esperienza *low-cost* scalabile su altre consistenze scomparse che attraverso la conoscenza stimola il senso di appartenenza della cittadinanza e la avvicina a tecnologie digitali sempre più pervasive.

L'attuale interesse per il progetto da parte di altre realtà territoriali e l'ingegnerizzazione del modello per la *digital fabrication*, in fase di elaborazione, fanno presagire nuovi sviluppi in cui il *continuum* fra reale e virtuale potrà espandere lo spazio del dialogo fra studiosi e collettività.
Il presente contributo, di cui gli autori hanno condiviso l'impianto metodologico, è stato redatto da R. Spallone (parr. 1, 5), M. Vitali (par. 2), V. Palma (par. 3), L. Ribotta (par. 4).

Riferimenti bibliografici

AR.js (2020). AR.js software. <https://github.com/AR-js-org/AR.js> (consultato il 2 febbraio 2023).

Blaeu J. (1682), *Theatrum statuum regiae celsitudinis Sabaudiae ducis, Pedemontii principis, Cypri regis. Pars prima, exhibens Pedemontium, et in eo Augusta Taurinorum, & loca viciniora*, Vol. 1. Amstelodami: apud heredes Ioannis Blaeu.

Campi M., Di Luggo A., Falcone M. (2021). Photogrammetric Processes and Augmented Reality Applications Using Mobile Devices. In *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences,* XLVI-M-1–2021, pp. 101–106.

Defabiani, V. (1984). I disegni dei giardini di Mirafiori, testimonianza di una delizia scomparsa. In *Il giardino come labirinto della storia*. Conference Proceedings, pp. 198-199. Palermo: Centro Studi di Storia e Arte dei Giardini.

Defabiani V. (1990) Castello di Mirafiori. In C. Roggero Bardelli, M.G. Vinardi, V. Defabiani (a cura di). *Ville Sabaude*, pp. 156-171. Milano: Rusconi.

Devoti, C. (2014). Une résidence perdue pour les princes Victor-Amédée et Christine de Savoie: le Château de Millefleurs (Mirafiori). In G. Ferretti (a cura di). *De Paris à Turin. Christine de France Duchesse de Savoye*, pp. 167-180, 301-311. Parigi: L'Harmattan.

Milgram P., Kishino F. (1994). A Taxonomy of Mixed Reality Visual Displays. In *IEICE Transactions on Information and Systems*, 77, n. 12, pp. 1321–1329.

Nguyen T. B., Tran A. B., Nguyen M. T., Pham V. H., Le-Nguyen K. (2020). Application of Building Information Modelling, Extended tracking technique and Augmented Reality in Building Operating Management. In C. Ha-Minh, D. Dao, F. Benboudjema, S. Derrible, D. Huynh, A. Tang (a cura di). *CIGOS 2019, Innovation for Sustainable Infrastructure. Lecture Notes in Civil Engineering*, vol. 54, pp. 1247-1252. Singapore: Springer.

Serravalle F., Ferraris A., Vrontis D., Thrassou A., Christofi M. (2019). Augmented Reality in the Tourism Industry: A Multi-Stakeholder Analysis of Museums. In *Tourism Management Perspectives*, 32.

Shepiliev D. S., Modlo Y. O., Yechkalo Y.V. et al. (2021). WebAR development tools: An overview. In A.E. Kiv, S.O. Semerikov, V.N. Soloviev, A.M. Striuk (a cura di). *Proceedings of the 3rd Workshop for Young Scientists in Computer Science & Software Engineering (CS&SE@SW 2020)*, pp. 84-93.

The London Charter for the Computer-Based Visualisation of Cultural Heritage, Draft 2.1, 7 February 2009, <http://www.londoncharter.org/> (consultato il 2 febbraio 2023).

Autori
Roberta Spallone, Politecnico di Torino, roberta.spallone@polito.it
Marco Vitali, Politecnico di Torino, marco.vitali@polito.it
Valerio Palma, Shazarch SRL, valerio@shazarch.com
Laura Ribotta, Città di Torino, laura.ribotta@comune.torino.it

Per citare questo capitolo: Spallone Roberta, Vitali Marco, Palma Valerio, Ribotta Laura (2023). Fra spazio fisico e digitale: ricostruzione e comunicazione del complesso del Castello di Mirafiori/Between Physical and Digital Space: Reconstruction and Communication of the Castello di Mirafiori Complex. In Cannella M., Garozzo A., Morena S. (a cura di). *Transizioni. Atti del 44° Convegno Internazionale dei Docenti delle Discipline della Rappresentazione/Transitions. Proceedings of the 44th International Conference of Representation Disciplines Teachers*. Milano: FrancoAngeli, pp. 2063-2084.

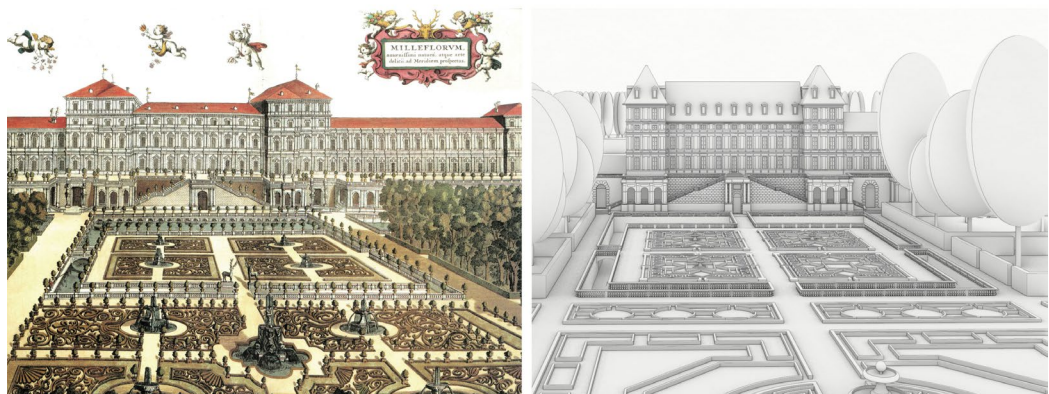
Isbn 9788835155119

Between Physical and Digital Space: Reconstruction and Communication of the Castello di Mirafiori Complex

Roberta Spallone
Marco Vitali
Valerio Palma
Laura Ribotta

Abstract

The present research arises as part of the collaboration between the Dipartimento di Architettura e Design del Politecnico di Torino and the Dipartimento Progetti Programmazione Comunitaria e Nazionale, Area Innovazione, Fondi europei del Comune di Torino with the involvement of various territorial subjects. It develops the project of augmented reality simulation of Castello di Mirafiori and cultural accompaniment for citizens. The work involves the virtual reconstruction, based on bibliographic and archival research, of the now disappeared complex of Castello di Mirafiori with its gardens and the communication of the study through a panel installed near the vestiges, equipped with markers for the activation of a webAR experience. Through integrating a digital and interactive component, the information device takes on the value of a sharing and inclusion tool, realising a continuum between physical and digital space.

Keywords
Documentary analysis, reconstructive modelling, augmented reality, participatory communication, Castello di Mirafiori

Comparison between the view of Castello di Mirafiori in the *Theatrum Sabaudiae*, southern façade (Bleau 1682, I, 35) and the digital reconstructive model of the built complex (graphic elaboration by R. Spallone, M. Vitali).

doi.org/10.3280/oa-1016-c394

A participatory project for sharing missing heritage

This research is part of the project 'productive Green Infrastructure for post-industrial urban regeneration' (proGIreg) funded by the European programme Horizon 2020 and concerns institutional and scientific collaboration between the Dipartimento di Architettura e Design at Politecnico di Torino and the Dipartimento Progetti Programmazione Comunitaria e Nazionale, Area Innovazione, Fondi europei del Comune di Torino, aimed at augmented reality (AR) simulation of Castello di Mirafiori and cultural accompaniment for citizens. The project carried out between 2021 and 2022, involved different territorial actors: the comitato di quartiere Mirafiori Borgata, the fondazione della comunità di Mirafiori Onlus, the impresa sociale Orti Generali and the istituto scolastico secondario Primo Levi.
As part of the concertation between the various parties, interest emerged in the virtual reconstruction of an architectural and environmental complex that has now disappeared, the Castello di Mirafiori with its gardens, to be included in the tourist route that combines landscape values, central to the overall project, with historical and architectural ones. Until then, the image of the complex was left to two celebratory views contained in the *Theatrum Sabaudiae* [Blaeu 1682], which, as the results of this research demonstrate, show the doubling of the castle's wing and a wide entrance exedra, never realised (fig. 1).
The intervention focused on two aspects: the location in the complex's territory, of which few vestiges remain, and the reconstruction through bibliographic and archival documentation. The enjoyment of the virtual model was conceived through a panel placed near the ruins, through which an AR experience can be activated and superimposed on the site map. In addition to explaining the project and how the experience works, the panel provides a summary of the transformations of the complex and some episodes of court life, reported by the citizens and duly documented. With the aims of cost containment, product durability and use through smartphones, a webAR was created.

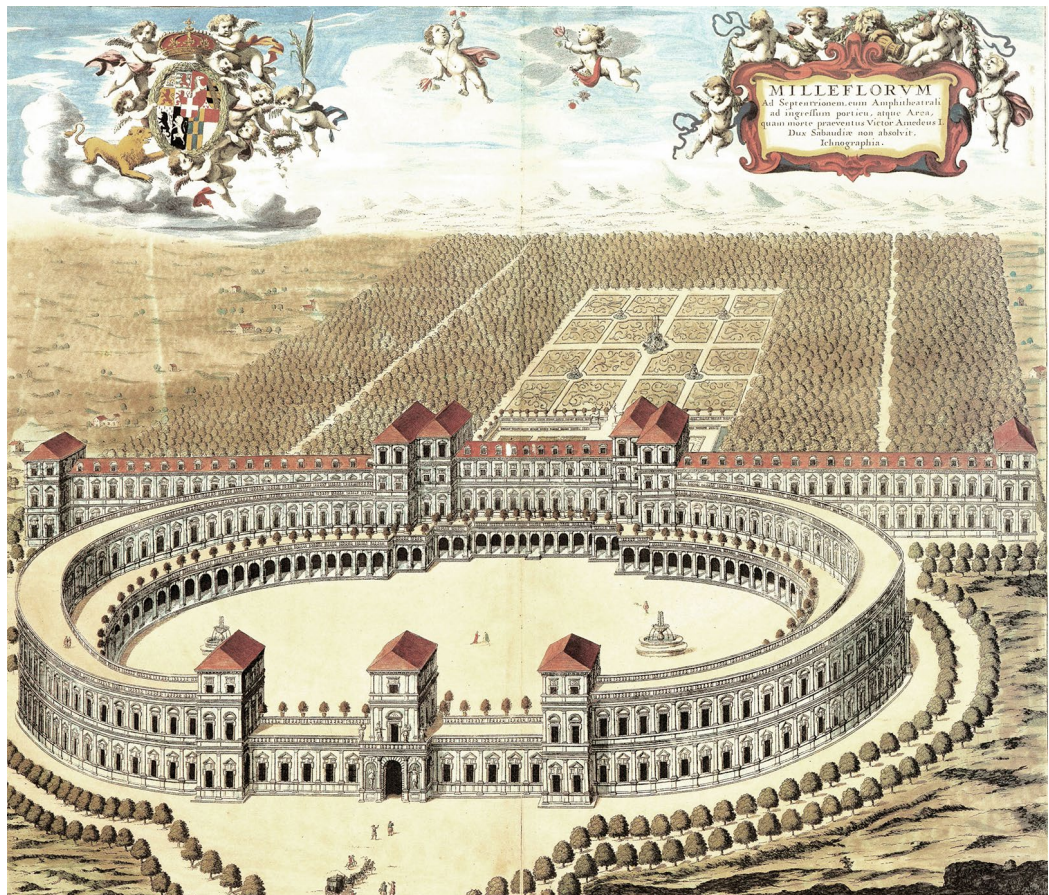



Fig. 1. View of Castello di Mirafiori in the *Theatrum Sabaudiae*, entrance from the city with the northern façade (Bleau 1682, I, 34).

The construction and transformation of the complex are documented in essays by Vittorio Defabiani [1984, 1990] and Chiara Devoti [2014]; the limited iconographic apparatus consists of technical drawings on an architectural and territorial scale, views and paintings. The interweaving of bibliographical and iconographical references made it possible to select materials suitable for locating and reconstructing the exterior of the castle and gardens in the period of most extraordinary splendour, between the late 16th century and mid-17th century, when two ducal couples, Carlo Emanuele I with the Infanta Caterina and Vittorio Amedeo I with Cristina of France, succeeded each other in using the castle as a place of leisure and hunting.
For localisation, the overlapping of historical land maps and land registers, first and foremost, the so-called Carta della Caccia (before 1762) with today's cartography, was practised. The reconstruction of the complex was conducted within the framework of the principles of transparency expressed in the Charter of London (2009). It made use mainly of the plan of the enlargement project by Carlo di Castellamonte (1619-1620) (fig. 2), the consistency of which was verified with the view by Giovanni Tommaso Borgonio (1655) (fig. 3) and with the longitudinal section of the survey of 1741, when the building was transformed into a tobacco factory.

Localisation and reconstructive modelling

The positioning of the complex was based on a comparison of the current cartography, extracted from the Piedmont region geoportal, with the Carta della Caccia, which describes the castle's consistencies about the distribution over the territory of the extra-urban axes. The superimposition of the two maps made it possible to recognise the permanence of specific axes and to read the further development of the riverbed of the Sangone stream (at the time of the castle's construction, it was diverted to leave space for the extensive garden system), and to determine the position of the building about these landmarks (fig. 4).
The visual survey has made it possible to identify a series of rural buildings as ancillary buildings of the castle, already drawn in the Carta della Caccia within the walls of the courtyard of honour and surveyed and described by the Gatti Cadastre (1820) and the Rabbini Cadastre (1866). The present-day pertinence of these buildings seems to precisely trace the layout of the castle enclosure towards the town, as could be shown by an opening, now filled in, on one of the side walls of the courtyard, visible in Castellamonte's plan and by signs of reconstruction of the north side at the monumental gate towards the town. The dimensional comparison between the Castellamonte drawing and the current cartography further supported this hypothesis and made it possible to proceed with the digital reconstruction of the complex, placing it precisely on the territory (fig. 5).
A second phase of the work focused on the photogrammetric survey with the SfM technique of the vestiges of the castle, consisting of a pair of brick walls with an irregular course that contains on two levels the land sloping towards the banks of the Sangone, which today flows again in a position similar to the one before its deviation (fig. 6).
The superimposition of Castellamonte's drawing with the point cloud makes it possible to identify the position of the rests in the built complex. The hypotheses already put forward [Defabiani 1990, pp.156, 164] are confirmed by this operation, which shows that these ruins constitute a small portion of the cryptoporticus leading down to the gardens and a large part of the foundations of the service buildings, consisting of a forepart of the castle's side wing, equipped with a small courtyard and a well/beverage trough.
The scale/content ratio of the reconstructive model (comparable to 1:200) was reasoned about the purpose of the work and the level of detail of the graphic sources to ensure maximum homogeneity and congruence: the duly documented parts were modelled to restore the elements that make up the decorative language of the façades

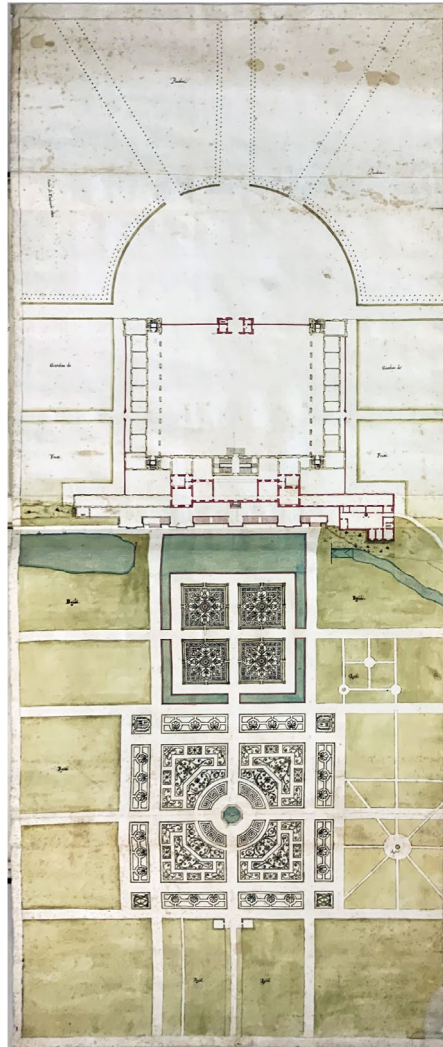



Fig. 2. Carlo di Castellamonte, enlargement project for the wedding of Vittorio Amedeo and Maria Cristina of France, 1619-1620 (BNT, Fondo Valperga, q I 64, n. 19, Ministero della Cultura, Biblioteca Nazionale Universitaria di Torino. Reproduction prohibited).

Fig. 3. Giovanni Tommaso Borgonio, Castello di Mirafiori, from *I Baccanali antichi e moderni* […] (1655), view from the castle garden with two pavilions and French roof, before the 18th-century elevation (BRT, St. P. 953, c. 49, Courtesy of MiC - Musei Reali).

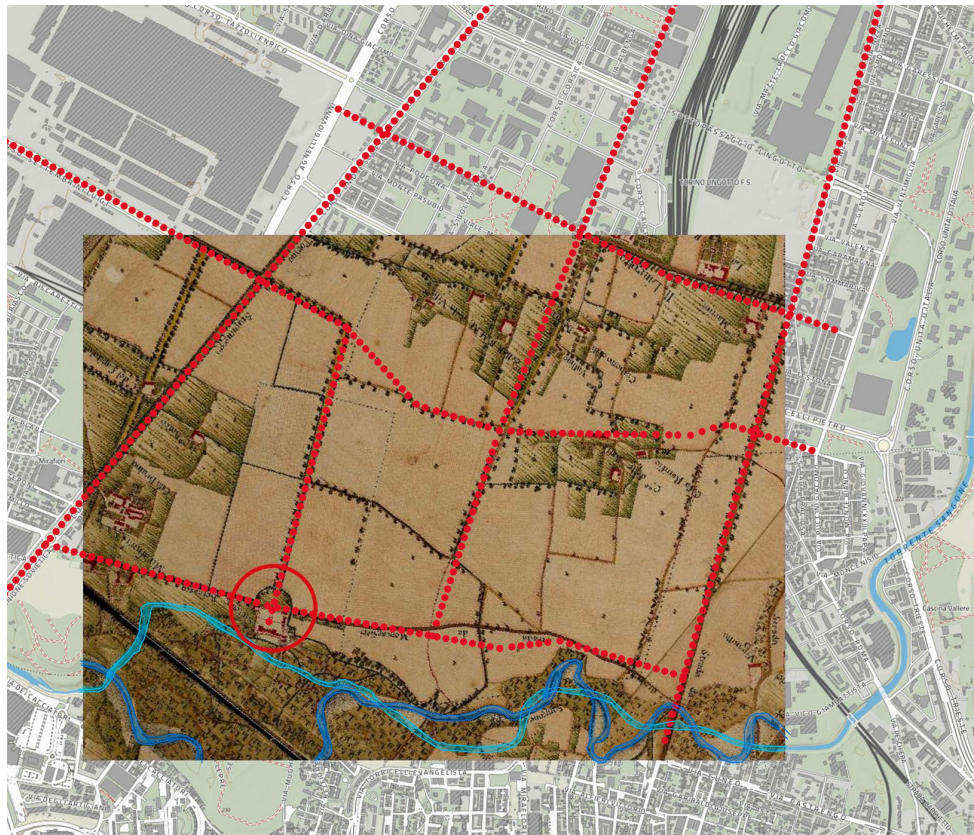



Fig. 4. Superimposition of the current cartography (https://www.geoportale.piemonte.it/ visregpigo/) with the Carta della Caccia, before 1762 (AST, Carte Topografiche Segre-te, 13 A VI red): in red the extra-urban axes and in blue/light blue the course of the Sangone stream, in blue the eighteenth-century one, in light blue the current one (graphic elaboration by M. Vitali).

Fig. 5. Superimposition of the orthophoto with the outline drawing of the complex: in red are the parts built, in white the elements in the design of Castellamonte; in red hatching the textures surveyed by photogrammetry. The photographs on the left show the rests of the monumental door at the top and the west opening at the bottom (graphic elaboration by M. Vitali).

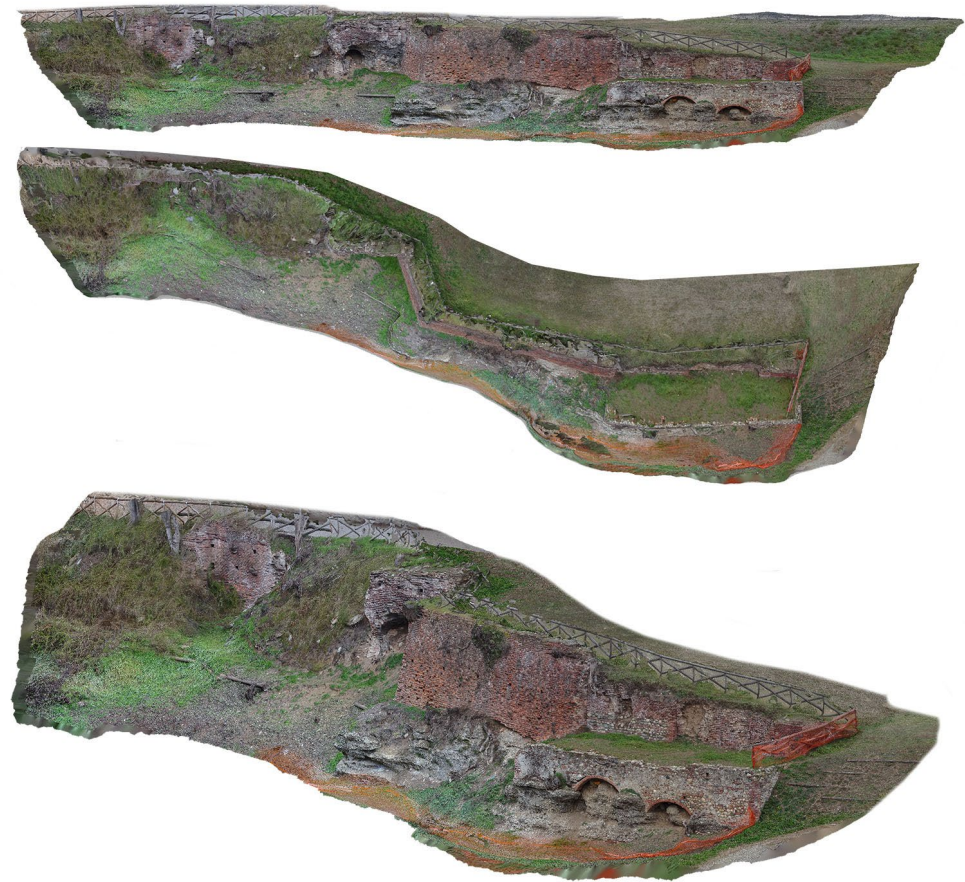



Fig. 6. Photogrammetric survey of the castle ruins. From top, elevation, plan and axonometric view (graphic elaboration by F. Natta).

(string-courses, orders, cornices and tympanums), of the staircase with an ashlar front and high plinth defining the impost level of the cryptoporticus, of the side niches in the axis of the paths outside the fishpond.
The available drawings do not wholly or univocally document certain elements: the roofing of the main body leaves margins of uncertainty between the pavilion solution and the two-pitch solution, chosen because of the analogy with Serlio's Château d'Ancy-le-Franc, one of the sources from which the castle seems to have been inspired, while the court of honour with the monumental gate and the service buildings have been represented as simple volumes, consistent with the other structures.
The visualisation of the model uses a conceptual style, which emphasises the geometric and plastic characteristics of the complex, surrounded by the relevant presence of vegetation, modelled by simplified volumes, which forms a compact backdrop framing the façade towards the gardens of the main building (figs. 7-9).

Visualisation and communication via WebAR

Scholars have observed the potential of AR concerning the visualisation of data in spatial relation to the environment surrounding the user [Milgram, Kishino 1994], fostered by the development of computer graphics technologies and the evolution of popular mobile devices [Campi et al. 2021] and to the enhancement of cultural heritage through the dissemination of scientific research outcomes [Serravalle et al. 2019].
The AR visualisation and communication of the reconstruction were oriented towards broad accessibility, the synergy of different initiatives to enhance the territory, and compatibility with a limited budget. The web app is user-friendly, employs physical and digital infrastructures that relate it to other cultural projects (such as on-site visits and the MuseoTorino database) and is based on free and open-source software (FOSS).

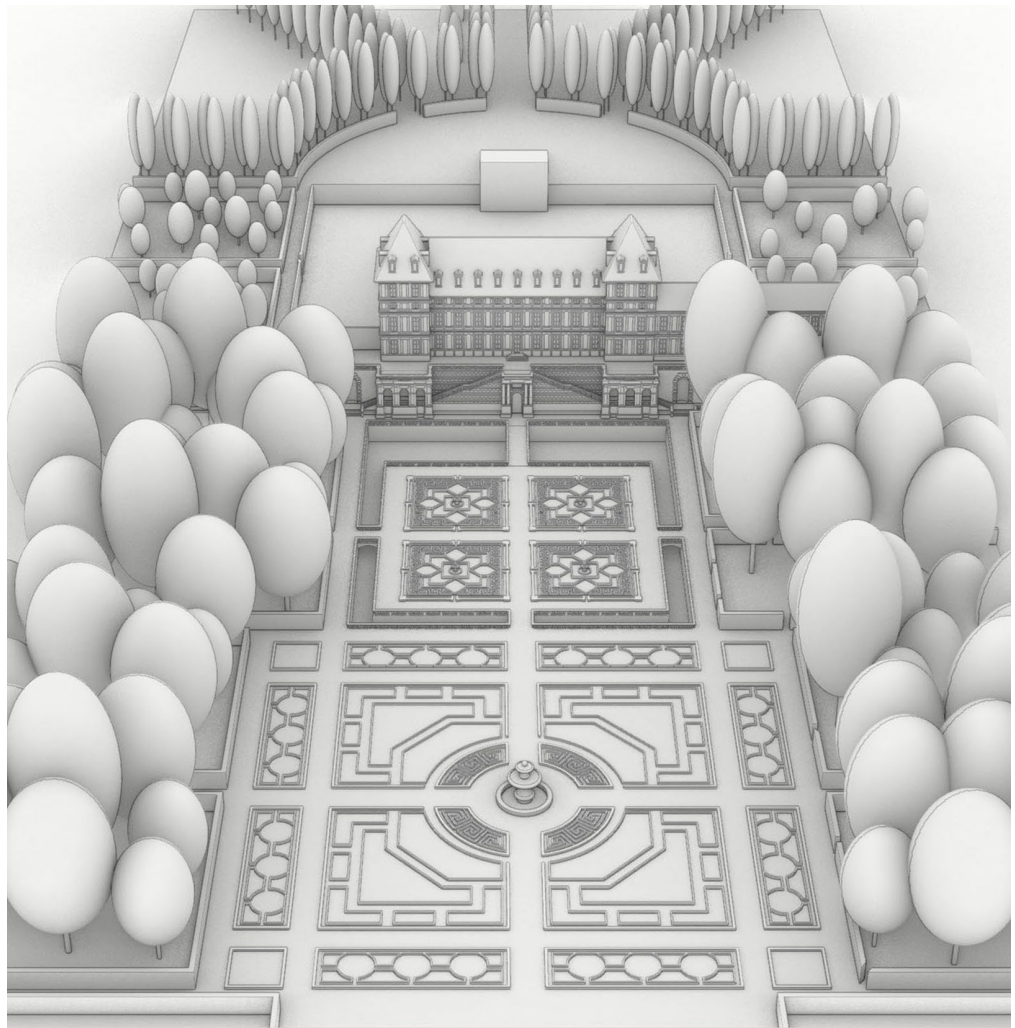



Fig. 7. Perspective view from the gardens of the reconstructive model (graphic elaboration by R. Spallone, M. Vitali).

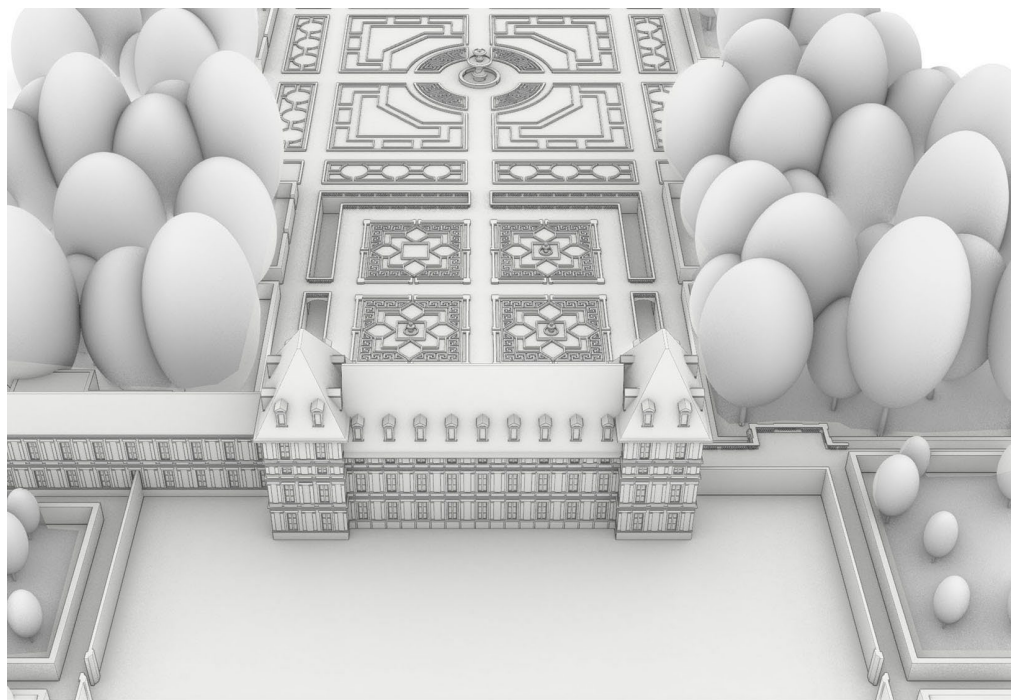



Fig. 8. Bird's eye perspective view from the courtyard of honour of the reconstructive model (graphic elaboration by R. Spallone, M. Vitali).

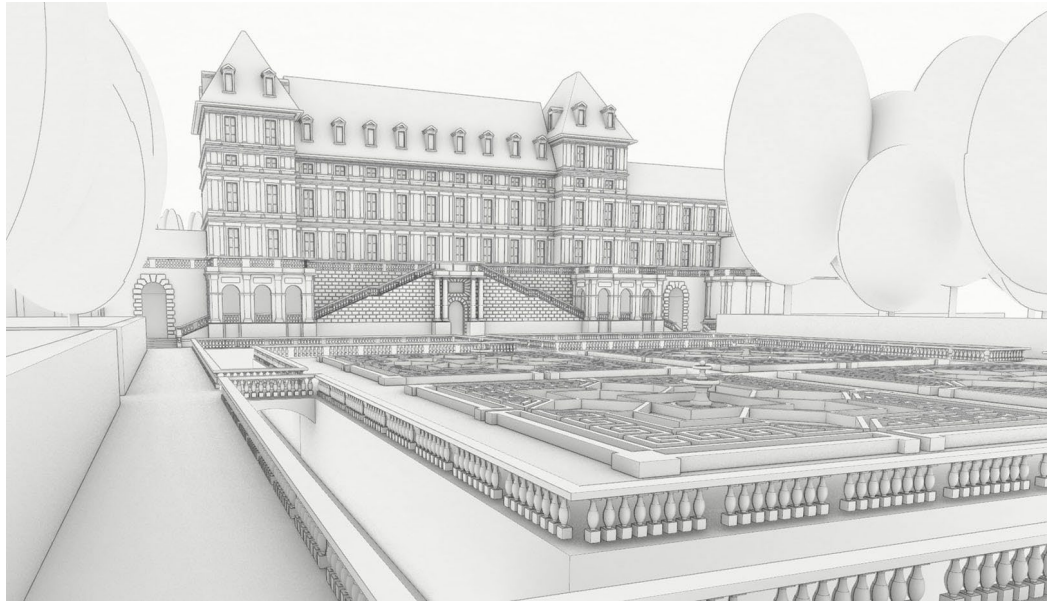



Fig. 9. Perspective view from the gardens of the monumental staircase and the south façade of the castle graphic elaboration by R. Spallone, M. Vitali).

In particular, the AR.js software [Shepiliev et al. 2021, AR.js 2020], an open-source library in the JavaScript language for developing AR applications integrated with a web page, was adopted. This tool requires little code production and commonly used programming languages for the web, such as CSS and HTML, and allows for rapid testing and deployment compared to a mobile app. Users can easily access the web app by framing a QR code printed on the panel that links to the site URL. The different ways of positioning the digital component available in AR.js are based on target images, geolocalisation of the device, or markers, i.e. graphic matrices with very little detail.
The latter category of tools was chosen in the project, specifically, a pattern marker generated from a custom image positioned on the map in correspondence with the castle garden. Recognition of the marker activates the visualisation of the 3D model, which remains consistent with the outline of the castle on the map as long as the user frames the marker.
The application also includes some simple interactive functions that allow the model to be observed in detail. Using dedicated buttons, the model can be enlarged (fig. 10) and rotated towards the rear façade.
The development of the web app required the size of the files to be kept small to reduce download times. In particular, the model was converted to OBJ format and simplified to obtain a 26.4 MB file from the initial approximately 200 MB. The rendering of the initially monochrome model was achieved through the application of a series of baked textures, hence fixing onto the surface the light effects of a render obtained in modelling software (fig. 11). The textures were also reduced and compressed, resulting in a total weight of 8 MB. This process reduces the computational effort of the running web app, improving the plastic appearance of the model without generating complex lights in real-time.
The limitations of AR.js include, in comparison to alternatives for the development of a mobile app, a less stable anchoring of digital layers to camera images and the lack of extended tracking functions, i.e. the ability to keep AR layers consistent across different device sensors, even when the marker ceases to be framed [Nguyen et al. 2020]. More generally, developing an app for the web may be a limitation for deploying a complex user interface (many web app development environments offer tools for modelling and altering three-dimensional models during the execution of the program). Still, it was adequate for the project's objectives.

Opportunities for project sharing and scalability

The stakeholders contributed to directing the contents of the communication and organising events to present the research results. Mirafiori Castle, beyond its intrinsic historical and architectural value, constitutes a strongly identifying element for the district that

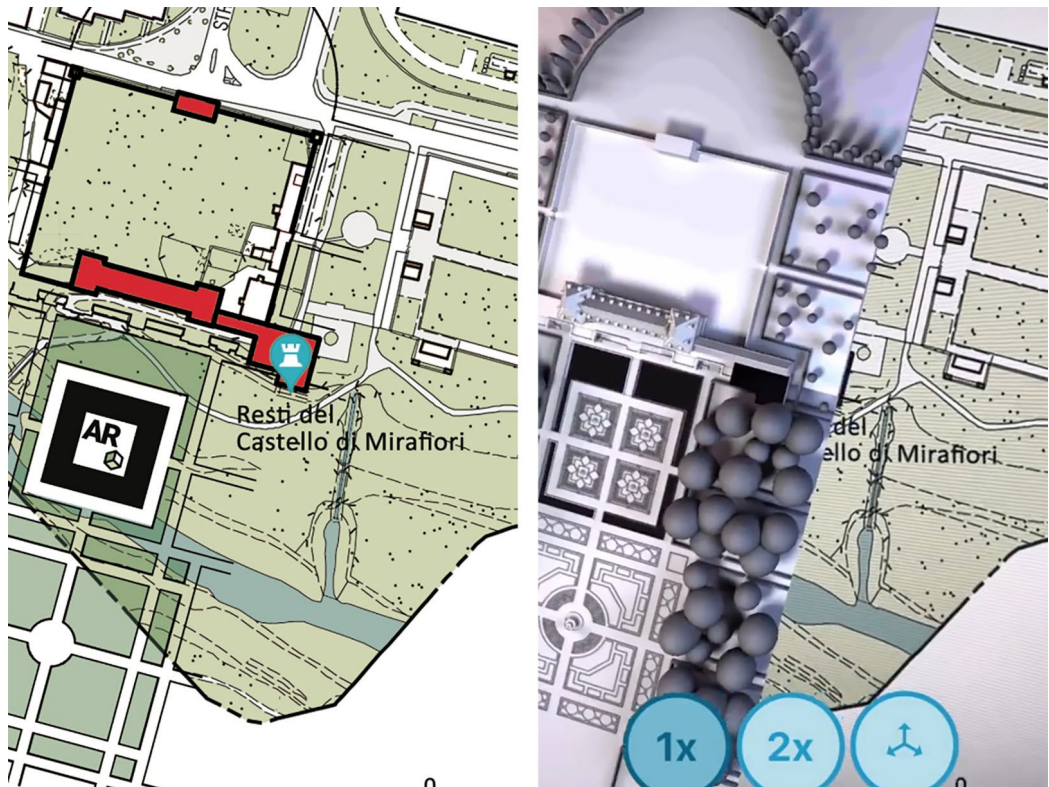



Fig. 10. Detail of the plan of the castle area, including the marker for activating the AR functions (left) and detail of a screenshot of the app in operation (right) showing the digital model superimposed on the plan and the buttons for changing its position and scale (graphic elaboration by V. Palma).

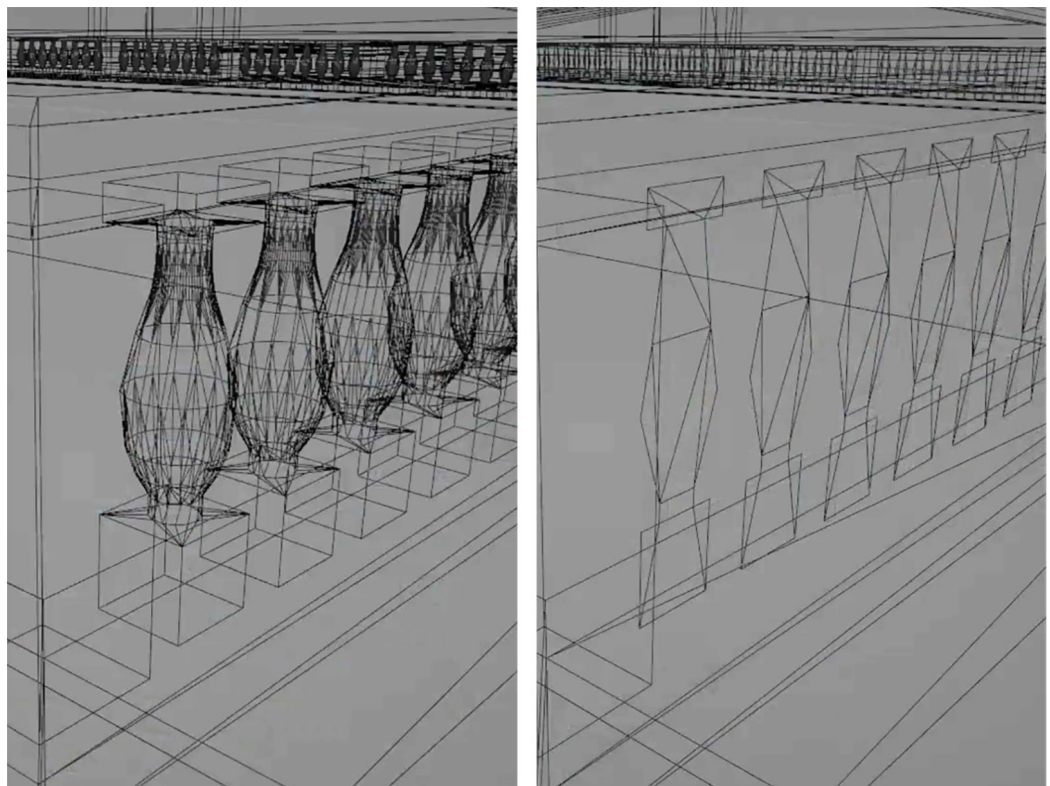



Fig. 11. Screenshots of the Blender modelling software interface showing a detail of the model before and after mesh reduction operations aimed at optimising the AR web app (graphic elaboration by V. Palma).

takes its name. Before the present intervention, nature-based solutions (NBS) were tested within the framework of proGIreg, including a hedge system to recall the castle gardens. The desire of the local community, which is very active in the promotion and protection of the site, to learn more about the history of the complex resulted in meet-

Fig. 12. Marker-activated in situ AR experience. (Photo by M. Vitali).

ings, culminating in December 2021 in a public presentation of the documentary and bibliographical analysis and the first steps of the digital reconstruction, which was followed by the gathering of memories from the public regarding the artefact. The work also included the production of a video describing the development process and the functioning of the AR application (fig. 12). The video, intended for projection during project presentations and promotional events, was conceived as an inclusive tool to convey the proposal to integrate a digital and interactive component into the more traditional information device. Among the communication and dissemination events, in May 2022, teachers and pupils of the Primo Levi Institute were instructed to lead citizens on a virtual tour of Castello di Mirafiori during the 'A Scuola di Orto' event; in June, during the nationwide 'Open House' event, a stop was included to illustrate the reconstruction of the complex visualised in AR.
During the European Network of Living Labs (ENoLL), (Turin, September 2022), a visit to the Mirafiori district, with the use of the experience, was proposed to the European experts in attendance. From these came the suggestion to include such a visit, scalable to other artefacts of cultural value, in the city's official tourist itineraries, given the high environmental, social and cultural content. Finally, the city presented the outcomes of the project at the 'Major Cities of Europe' conference (Larissa, November 2022), as an example of how nature and technology can complement each other to meet the needs of citizens, trigger urban regeneration and involvement, and generate new ideas and possibilities for the area.

Conclusions

The work carried out may be of scientific interest about:
- the philological reconstruction of the built consistencies that, through 3D visualisation, provides new elements of debate among scholars and the transmission of the memory of the disappeared heritage to the community.
- the realisation of a low-cost scalable experience on other disappeared consistencies that, through knowledge, stimulates the citizenship's sense of belonging and brings it closer to increasingly pervasive digital technologies.

The current interest in the project on the part of other territorial realities and the engineering of the model for digital fabrication, which is currently being developed, foreshadow new developments in which the continuum between real and virtual can expand the space

for dialogue between scholars and the community. This paper, whose authors shared the methodological framework, was written by R. Spallone (par. 1, 5), M. Vitali (par. 2), V. Palma (par. 3), and L. Ribotta (par. 4).

References

AR.js (2020). AR.js software. <https://github.com/AR-js-org/AR.js> (accessed 2 February 2023).

Blaeu J. (1682), *Theatrum statuum regiae celsitudinis Sabaudiae ducis, Pedemontii principis, Cypri regis. Pars prima, exhibens Pedemontium, et in eo Augusta Taurinorum, & loca viciniora*, Vol. 1. Amstelodami: apud heredes Ioannis Blaeu.

Campi M., Di Luggo A., Falcone M. (2021). Photogrammetric Processes and Augmented Reality Applications Using Mobile Devices. In *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XLVI-M-1–2021, pp. 101–106.

Defabiani, V. (1984). I disegni dei giardini di Mirafiori, testimonianza di una delizia scomparsa. In *Il giardino come labirinto della storia*. Conference Proceedings, pp. 198-199. Palermo: Centro Studi di Storia e Arte dei Giardini.

Defabiani V. (1990) Castello di Mirafiori. In C. Roggero Bardelli, M.G. Vinardi, V. Defabiani (Eds.). *Ville Sabaude*, pp. 156-171. Milan: Rusconi.

Devoti, C. (2014). Une résidence perdue pour les princes Victor-Amédée et Christine de Savoie: le Château de Millefleurs (Mirafiori). In G. Ferretti (Ed.). *De Paris à Turin. Christine de France Duchesse de Savoye*, pp. 167-180, 301-311. Paris: L'Harmattan.

Milgram P., Kishino F. (1994). A Taxonomy of Mixed Reality Visual Displays. In *IEICE Transactions on Information and Systems*, 77, n. 12, pp. 1321–1329.

Nguyen T. B., Tran A. B., Nguyen M. T., Pham V. H., Le-Nguyen K. (2020). Application of Building Information Modelling, Extended tracking technique and Augmented Reality in Building Operating Management. In C. Ha-Minh, D. Dao, F. Benboudjema, S. Derrible, D. Huynh, A. Tang (Eds.). *CIGOS 2019, Innovation for Sustainable Infrastructure. Lecture Notes in Civil Engineering*, vol. 54, pp. 1247-1252. Singapore: Springer.

Serravalle F., Ferraris A., Vrontis D., Thrassou A., Christofi M. (2019). Augmented Reality in the Tourism Industry: A Multi-Stakeholder Analysis of Museums. In *Tourism Management Perspectives*, 32.

Shepiliev D. S., Modlo Y. O., Yechkalo Y. V. et al. (2021). WebAR development tools: An overview. In A.E. Kiv, S.O. Semerikov, V.N. Soloviev, A.M. Striuk (Eds.). *Proceedings of the 3rd Workshop for Young Scientists in Computer Science & Software Engineering (CS&SE@SW 2020),* pp. 84-93.

The London Charter for the Computer-Based Visualisation of Cultural Heritage, Draft 2.1, 7 February 2009, <http://www.londoncharter.org/> (accessed 2 February 2023).

Authors
Roberta Spallone, Politecnico di Torino, roberta.spallone@polito.it
Marco Vitali, Politecnico di Torino, marco.vitali@polito.it
Valerio Palma, Shazarch SRL, valerio@shazarch.com
Laura Ribotta, Città di Torino, laura.ribotta@comune.torino.it

To cite this chapter: Spallone Roberta, Vitali Marco, Palma Valerio, Ribotta Laura (2023). Fra spazio fisico e digitale: ricostruzione e comunicazione del complesso del Castello di Mirafiori/Between Physical and Digital Space: Reconstruction and Communication of the Castello di Mirafiori Complex. In Cannella M., Garozzo A., Morena S. (Eds.). *Transizioni. Atti del 44° Convegno Internazionale dei Docenti delle Discipline della Rappresentazione/Transitions. Proceedings of the 44th International Conference of Representation Disciplines Teachers*. Milano: FrancoAngeli, pp. 2063-2084.

Isbn 9788835155119